



Możliwości uszlachetniania węgla kamiennych przeznaczonych do procesu zgazowania naziemnego

Possibilities of valorization of hard coal destined for terrestrial gasification process

Dr inż. Agnieszka Surowiak*)

Treść: W artykule przedstawiono rezultaty badań uszlachetniania w warunkach laboratoryjnych dwóch różnych węgla kamiennych wytypowanych do procesu zgazowania w reaktorze fluidalnym. Przeprowadzono wzbogacanie grawitacyjne tych węgla w osadzarku laboratoryjnym. W otrzymanych produktach rozdziału wyliczono wychody oraz oznaczono zawartość popiołu i siarki całkowitej. W oparciu o uzyskane wyniki wykreślono podstawowe krzywe wzbogacania Henry'ego dla zawartości popiołu i siarki całkowitej. Dokonano analizy produktów rozdziału pod względem jakościowym. Oceniono dokładność rozdziału w osadzarku jednego z węgla za pomocą krzywych rozdziału. Stwierdzono, że istnieje możliwość wydzielenia koncentratu węglowego o niskiej zawartości popiołu i siarki metodami grawitacyjnymi z badanych węgla, co jest istotnym warunkowaniem w procesie zgazowania naziemnego węgla kamiennych w aspekcie oddziaływania na środowisko naturalne.

Abstract: This paper presents the results of valorization research conducted in laboratory conditions for two various hard coal samples selected for gasification process in fluidal reactor. The gravitational beneficiation of these coals was conducted in laboratory jig. For the obtained separation products the grades and contents of ash and total sulfur were calculated. On the basis of the obtained results the basic Henry's beneficiation curves were plotted for ash and total sulfur contents. The quality analysis of separation products was done. The efficiency of the process was evaluated for one of the investigated coals by means of separation curves. It was stated there is a possibility of production of coal concentrate of low ash and sulfur contents by gravitational methods for both the selected coals. This is very important during terrestrial hard coal gasification process in the aspect of natural environment protection.

Słowa kluczowe:

zgazowanie węgla kamiennego, osadzarka, krzywe wzbogalności, zawartość popiołu, zawartość siarki

Key words:

hard coal gasification, jig, beneficiation curves, ash content, sulfur content

1. Wprowadzenie

Paliwo kierowane do procesów zgazowania w różnego typu urządzeniach powinno charakteryzować się odpowiednimi parametrami jakościowymi, aby możliwe było uzyskanie z niego wysokojakościowego gazu syntezowego. Maksymalne przereagowanie paliwa w gazogeneratorze i wytworzenie z niego wysokiej jakości gazu syntezowego daje wymierne efekty ekonomiczne [3]. Obniżona zawartość tlenków azotu i siarki w takim gazie syntezowym powoduje redukcję emisji zanieczyszczeń. Aby uzyskać wysokiej jakości gaz syntezowy w procesie zgazowania, oprócz odpowiedniego prowadzenia samego procesu zgazowania, należy podjąć działania zmierzające w kierunku chociażby wstępnego wzbogacenia, jeśli istnieje taka możliwość, aby wydzielić substancje niepożądane z paliwa tj. węgla kamiennego. Do gazogeneratora ze złożem fluidalnym można podawać różnego rodzaju paliwo [2]. Jednak jakość gazu syntezowego i rodzaj powstających w wyniku zgazowania produktów ubocznych jest ściśle związany nie tylko z parametrami samego procesu, ale także z jakością zastosowanego paliwa [4]. Jak wiadomo,

węgla kamienne stosunkowo łatwo wzbogaca się metodami grawitacyjnymi, które umożliwiają wydzielenie substancji organicznej w postaci koncentratu węglowego oraz substancji mineralnej, do której przechodzą zanieczyszczenia w postaci skały płonnej, siarki pirytovej, popiołu i innych związków niezwiązanych z fazą organiczną [6,7]. Jedną z metod grawitacyjnego uszlachetniania węgla kamiennego jest wzbogacanie grawitacyjne w osadzarku.

Proces wzbogacania w osadzarku przebiega w wyniku rozdzielania wzbogacanego materiału na frakcje o różnych gęstości. Odbywa się w ośrodku ciekłym lżejszym od wszystkich składników minerałów surowego materiału. Ośrodkiem tym jest woda lub powietrze, a rozdzielanie na frakcje przeprowadza się we wznoszącym prądzie ośrodka. Różnice gęstości poszczególnych minerałów wyrażają się różnymi prędkościami opadania minerałów w ośrodku. Ruch ośrodka w osadzarku jest pulsujący i zmienia swój kierunek dwukrotnie w ciągu jednego cyklu [5].

W osadzarku tłokowej, tłok poruszający się w komorze roboczej osadzarki wywołuje pulsację wody w komorze sitowej. Na dnie osadzone jest sito, na którym spoczywa warstwa wzbogacanego materiału. Pod działaniem ruchu tłoka woda w przedziale sitowym wznosi się, unosząc warstwę wzbogaca-

*) AGH w Krakowie

nego materiału najpierw jako całość, potem po rozluźnieniu jako pojedyncze ziarna. W czasie opadania wody zasysanej przez tłok ziarna opadają szybciej od wody i osadzają się na sicie. Ponieważ lżejsze ziarna tej samej wielkości przy ruchu wody ku górze będą bardziej unoszone, przy ruchu zaś wody na dół będą wolniej opadały niż ziarna cięższe. Dlatego po pewnym czasie utworzy się na sicie warstwa materiału rozdzielonego na frakcje według prędkości opadania ziaren. Frakcja dolna będzie zawierać ziarna o największym ciężarze właściwym (największa prędkość opadania), frakcja pośrednia - ziarna lżejsze, frakcja górna - ziarna najlżejsze (najmniejsza prędkość opadania) [1].

Do oceny skuteczności wydzielania produktów w osadzarce posłużono się krzywymi rozdziału.

2. Ocena dokładności rozdziału w osadzarce

W przypadku idealnego wzbogacania kopaliny rozdział na produkty dokonuje się według ściśle określonej granicy rozdziału, którą jest np. gęstość ziaren surowca. Wówczas ziarna o gęstości mniejszej trafiają do koncentratu, a ziarna o gęstości większej do odpadów (w przypadku węgla). Jednakże w warunkach przemysłowych jest to praktycznie niemożliwe do zrealizowania, gdyż na ostateczny wynik rozdziału, poza różnicami w gęstościach ziaren, wpływają takie parametry jak: zróżnicowana wielkość i kształt ziaren, porowatość, wzajemne oddziaływania mechaniczne między ziarnami, turbulencja, obciążenie nadawą, zbyt duża lub zbyt mała ilość podawanej wody do komory roboczej osadzarki i wiele innych. Wszystkie te czynniki powodują, że ziarna o ściśle określonej gęstości nie są skoncentrowane w odpowiedniej warstwie. W wyniku rozproszenia trafiają do warstw, a w konsekwencji do produktów rozdziału, w których nie powinny się znajdować, obniżając w ten sposób dokładność separacji. Do analizy efektywności rozdziału służą wskaźniki rozdziału. Najbardziej rozpowszechnionymi i najczęściej stosowanymi wskaźnikami oceny dokładności rozdziału są wskaźniki oparte o krzywe rozdziału.

Wzbogacanie w osadzarce jak każdy proces masowy jest procesem losowym, w którym można mówić jedynie o prawdopodobnym zachowaniu się ziarna o określonych właściwościach fizycznych i geometrycznych w komorze roboczej osadzarki. Losowość procesu wynika z faktu, że obok oddziaływań sprzyjających rozdziałowi (uporządkowaniu) na warstwy o różnych właściwościach istnieją oddziaływania burzące ten porządek, których wielkość może się zmieniać od punktu do punktu. Tak jak w rachunku prawdopodobieństwa definiuje się liczbę rozdziału, czyli prawdopodobieństwo trafienia ziaren do określonego produktu rozdziału. Dla koncentratu liczba rozdziału wyraża się wzorem

$$\tau_p = \frac{n_k}{n_f} \quad (1)$$

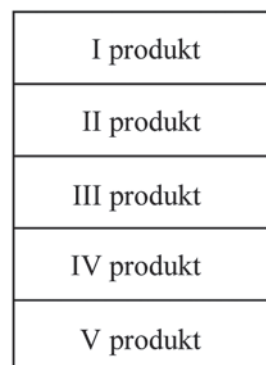
gdzie:

- τ_p – liczba rozdziału dla ziaren o gęstości,
- ρ, n_k – liczba ziaren o gęstości ρ trafiająca do koncentratu,
- n_f – liczba ziaren o tej gęstości w nadawie.

3. Metodyka badań

Materiał do badań stanowiły węgle kamienne pochodzące z dwóch kopalń: KWK Janina i KWK Wieczorek wytypowane do badań, stanowiące paliwo do procesu zgazowania naziemnego w gazogeneratorze ze złożem fluidalnym. Średnia zawartość popiołu w nadawie dla obydwu badanych węgli

wynosiła około 12%. Natomiast średnia zawartość siarki całkowitej wynosiła 1,3% w węglu z KWK Janina i 0,42% w węglu z KWK Wieczorek. Pobrane próbki węgla kamiennych o uziarnieniu < 20 mm poddano wzbogacaniu w osadzarce laboratoryjnej pierścieniowej. Czas rozdziału wynosił 15 min. Następnie produkty rozdziału pobierano wg przyjętej zasady, tzn. określoną liczbą pierścieni na każdy produkt wg rysunku nr 1.



Rys. 1. Poglądowy schemat wydzielania produktów rozdziału z osadzarki laboratoryjnej

Fig. 1. Demonstrative scheme of separation products occurring in laboratory jig

Produkty rozdziału wysuszono, zważono i wyliczono wychody. Kolejno pobrano reprezentatywne próbki węgla z każdej warstwy i oznaczono w nich gęstość metodą piknometryczną oraz zawartość popiołu i siarki całkowitej.

W celu wykreślenia krzywych rozdziału każdą warstwę otrzymaną w wyniku rozdziału w osadzarce (węglu z KWK Janina) poddano analizie w cieczy ciężkiej jednorodnej, tj. w roztworach chlorku cynku o gęstościach 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 i 1,8, Mg/m³. W wyniku takiego rozdziału otrzymane frakcje pływające zebrano, wysuszono i zważono. Korzystając ze wzoru (1) wyliczono liczbę rozdziału.

4. Opracowanie wyników badań

Zawartość popiołu w poszczególnych produktach wydzielonych z osadzarki oraz ich gęstości zestawiono w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Wyniki wzbogacania w osadzarce węgla kamiennego z KWK Janina

Table 1. Jigging results for hard coal from KWK Janina

Nr warstwy	Gęstość, Mg/m ³	Zawartość popiołu λ_{A_2} , %
I	1,31	5,54
II	1,39	5,66
III	1,53	5,76
IV	1,79	13,53
V	2,15	36,97

Tabela 2. Wyniki wzbogacania w osadzarce węgla kamiennego z KWK Wieczorek

Table 2. Jigging results for hard coal from KWK Wieczorek

Nr warstwy	Gęstość, Mg/m ³	Zawartość popiołu λ_{A_2} , %
I	1,26	1,86
II	1,28	1,89
III	1,29	2,18
IV	1,30	6,05
V	2,05	67,58

4.1. Krzywe wzbogacania dla zawartości popiołu

Zgodnie z zasadami podanymi przez Stępińskiego [5] wyliczono współrzędne (tabela 3 i 4) i wykreślono krzywe wzbogacania (rys. 2 i 3) badanych węgli dla zawartości popiołu po wzbogacaniu w osadzarce. Uzysk części palnych i lotnych w koncentracie wyliczono wg wzoru [5]

$$\varepsilon = \gamma_k \frac{100 - \vartheta_A}{100 - \alpha_A} \quad (2)$$

gdzie:

- γ_k – wychód koncentratu,
- ϑ_A – zawartość popiołu w koncentracie,
- α_A – zawartość popiołu w nadawie.

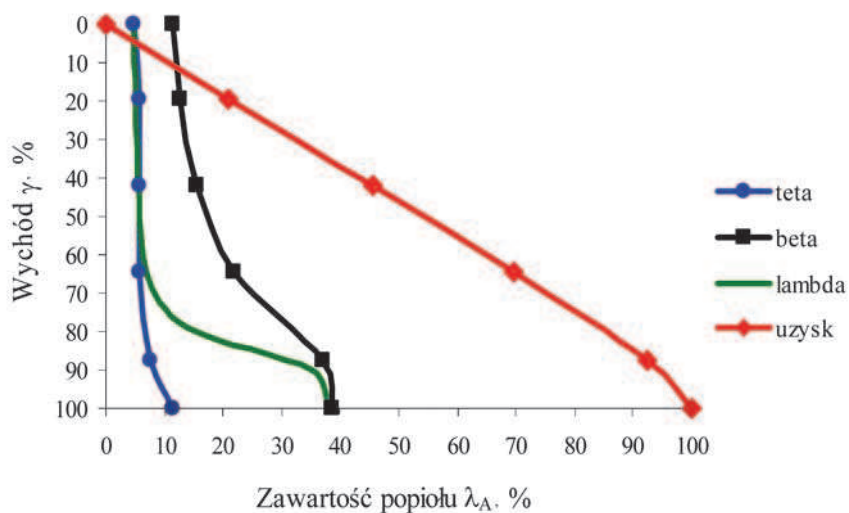
Zawartość popiołu w produktach wzbogacania w osadzarce z węgla kamiennego z KWK Janina kształtuje się na poziomie ponad 5% w pierwszych trzech warstwach. W kolejnych dwóch wzrasta do 13,5% w IV warstwie i do 37% w ostatniej warstwie. Analizując wychody poszczególnych warstw i zawartość w nich popiołu, można zaliczyć do koncentratu trzy pierwsze warstwy, a pozostałe dwie traktować jako odpad. Wówczas otrzymuje się koncentrat o wychodzie około 65% i zawartości popiołu równej 5,7%. Wychód odpadów będzie stanowił 35%, a zawartość popiołu w odpadzie około 22%.

Wzbogacanie węgla w osadzarce z KWK Wieczorek daje podobne efekty jak wzbogacanie węgla z KWK Janina, tj. pierwsze trzy frakcje zawierają niewielkie ilości popiołu. Gdyby je zakwalifikować do koncentratu węglowego to średnia zawartość popiołu wynosiłaby 1,98% w takim koncentracie przy wychodzie 58,7%.

Tabela 3. Współrzędne krzywych wzbogacania dla zawartości popiołu λ_A we frakcjach gęstościowych w węglu z KWK Janina

Table 3. Coordinates of beneficiation curves for ash contents λ_A in density fractions in coal from KWK Janina

Warstwa	Dane		Koncentrat		Odpad		Uzysk części palnych i lotnych w koncentracie $\varepsilon, \%$
	Wychód frakcji $\gamma, \%$	Zawartość popiołu, $\%$	Sumaryczny wychód koncentratu $\Sigma\gamma, \%$	Zawartość popiołu $\vartheta, \%$	Sumaryczny wychód odpadu $\Sigma\gamma, \%$	Zawartość popiołu $\beta, \%$	
I	19,46	5,54	19,46	5,54	100,00	11,36	21,00
II	22,71	5,66	42,17	5,60	80,54	12,76	45,48
III	22,56	5,76	64,73	5,66	57,83	15,55	69,77
IV	22,8	13,53	87,53	7,71	35,27	21,82	92,29
V	12,47	36,97	100	11,36	12,47	36,97	100,00



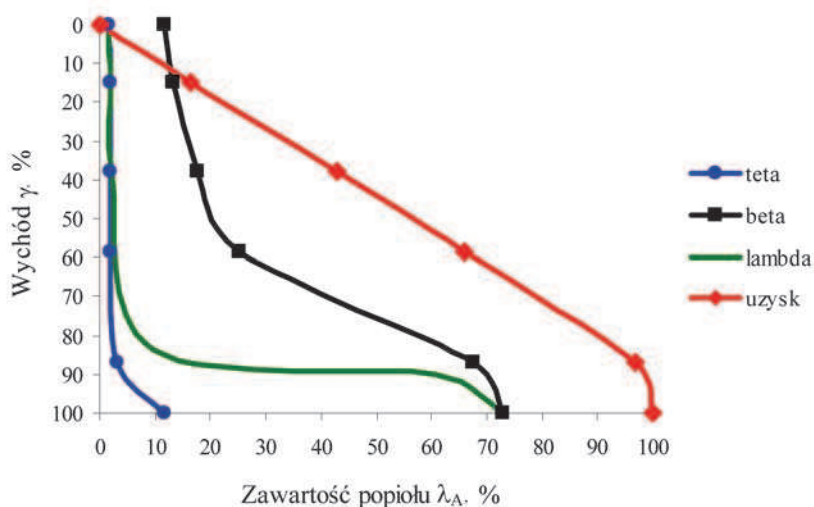
Rys. 2. Krzywa wzbogacania (zawartości popiołu) węgla z KWK Janina po wzbogacaniu w osadzarce (λ – podstawowa krzywa wzbogacalności rozkładu zawartości popiołu w badanym materiale, ν – krzywa zawartości popiołu w koncentracie, β – krzywa zawartości popiołu w odpadzie, ε – uzysk części palnych i lotnych w koncentracie)

Fig. 2. Beneficiation curve (ash contents) for coal from KWK Janina after jigging (λ – basic beneficiation curve of ash contents distribution in researched material, ν – ash contents curve in concentrate, β – ash contents curve in waste, ε – yield of flammable and volatile parts in concentrate)

Tabela 4. Współrzędne krzywych wzbogacania dla zawartości popiołu λ_A we frakcjach gęstościowych w węglu z KWK Wieczorek

Table 4. Coordinates of beneficiation curves for ash contents λ_A in density fractions in coal from KWK Wieczorek

Warstwa	Dane		Koncentrat		Odpad		Uzysk części palnych i lotnych w koncentracie ε , %
	Wychód frakcji γ , %	Zawartość popiołu, %	Sumaryczny wychód koncentratu $\Sigma\gamma$, %	Zawartość popiołu θ , %	Sumaryczny wychód odpadu $\Sigma\gamma$, %	Zawartość popiołu β , %	
I	14,67	1,86	14,67	1,86	100,00	11,64	16,54
II	23,33	1,89	38,0	1,88	85,33	13,32	42,84
III	20,66	2,18	58,66	1,98	62,00	17,62	66,06
IV	28,38	6,05	87,04	3,31	41,34	25,34	96,69
V	12,96	67,58	100	11,64	12,96	67,58	100,00



Rys. 3. Krzywa wzbogacania (zawartości popiołu) węgla z KWK Wieczorek po wzbogacaniu w osadzarce (λ – podstawowa krzywa wzbogacalności rozkładu zawartości popiołu w badanym materiale, ν – krzywa zawartości popiołu w koncentracie, β – krzywa zawartości popiołu w odpadzie, ε – uzysk części palnych i lotnych w koncentracie).

Fig. 3. Beneficiation curve (ash contents) for coal from KWK Wieczorek after jigging (λ - basic beneficiation curve of ash contents distribution in researched material, ν - ash contents curve in concentrate, β - ash contents curve in waste, ε - yield of flammable and volatile parts in concentrate)

4.2. Krzywe wzbogacania dla zawartości siarki

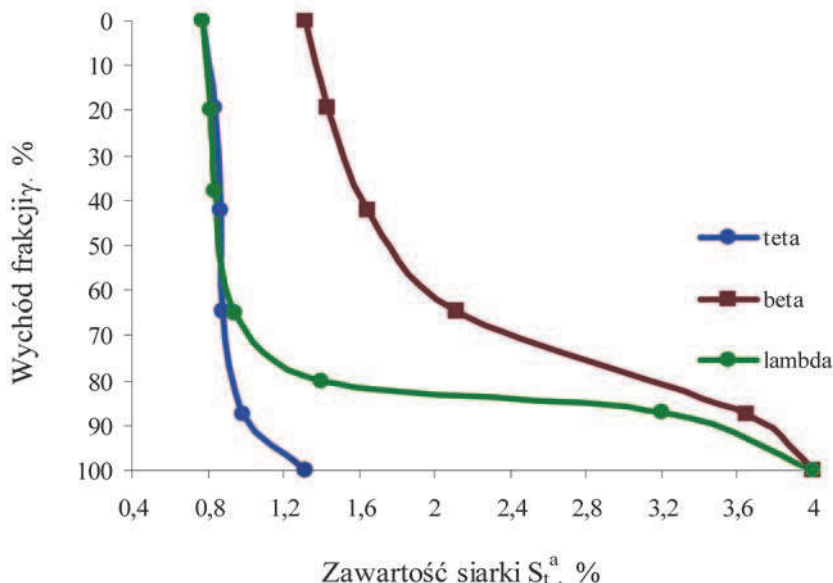
W analogiczny sposób jak dla zawartości popiołu wykonano obliczenia współrzędnych krzywych wzbogacania dla

zawartości siarki całkowitej w badanych węglach. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach 5 i 6 oraz zaprezentowano na rysunku 4.

Tabela 5. Współrzędne krzywych wzbogacania dla zawartości siarki S_t^a we frakcjach po wzbogacaniu w osadzarce dla węgla z KWK Janina

Table 5. Coordinates of beneficiation curve for sulfur contents S_t^a in fractions after jigging for coal from KWK Janina

Warstwy	Gęstość frakcji, Mg/m ³	Dane		Koncentrat		Odpad	
		Wychód frakcji γ , %	Zawartość siarki S_t^a , %	Sumaryczny wychód koncentratu $\Sigma\gamma$, %	Zawartość siarki ν , %	Sumaryczny wychód odpadów $\Sigma\gamma$, %	Zawartość siarki β , %
I	1,31	19,46	0,84	19,46	0,84	100,00	1,32
II	1,39	22,71	0,89	42,17	0,87	80,54	1,43
III	1,53	22,56	0,91	64,73	0,88	57,83	1,65
IV	1,79	22,8	1,28	87,53	0,99	35,27	2,12
V	2,15	12,47	3,65	100	1,32	12,47	3,65



Rys. 4. Krzywe wzbogacania – zawartości siarki w węglu z KWK Janina (λ – podstawowa krzywa wzbogacania rozkładu zawartości siarki w badanym materiale, ν – krzywa zawartości siarki w koncentracie, β – krzywa zawartości siarki w odpadzie)

Fig. 4. Beneficiation curves – sulfur contents in coal from KWK Janina (λ - basic beneficiation curve of sulfur contents distribution in researched material, ν - sulfur contents curve in concentrate, β - sulfur contents curve in waste)

Tabela 6. Współrzędne krzywych wzbogacania dla zawartości siarki S_t^a we frakcjach po wzbogacaniu w osadzarce dla węgla z KWK Wieczorek

Table 6. Coordinates of beneficiation curve for sulfur contents S_{ta} in fractions after jiggling for coal from KWK Wieczorek

Warstwy	Gęstość frakcji, Mg/m^3	Dane		Koncentrat		Odpad	
		Wychód frakcji γ , %	Zawartość siarki S_t^a , %	Sumaryczny wychód koncentratu $\Sigma\gamma$, %	Zawartość siarki ν , %	Sumaryczny wychód odpadów $\Sigma\gamma$, %	Zawartość siarki β , %
I	1,31	14,67	0,42	14,67	0,42	100,00	0,42
II	1,39	23,33	0,42	38	0,42	85,33	0,42
III	1,53	20,66	0,41	58,66	0,42	62,00	0,42
IV	1,79	28,38	0,5	87,04	0,44	41,34	0,42
V	2,15	12,96	0,26	100	0,42	12,96	0,26

Na podstawie wyliczeń współrzędnych krzywych wzbogacania widać, że węgiel z KWK Janina łatwo się wzbogaca pod względem zawartości siarki całkowitej. Gdyby połączyć trzy górne warstwy (I, II i III) i traktować je jako koncentrat to średnia zawartość siarki całkowitej w takim koncentracie wynosiłaby 0,88%, a w odpadzie (czyli w połączonych warstwach IV i V) 2,12%. Natomiast z węgla z KWK Wieczorek nie da się w sposób grawitacyjny wydzielić siarki mierzonej zawartością siarki całkowitej. Krzywa wzbogacania przyjmuje kształt linii prostej dlatego pominięto jej wykreślenie. Podstawowe krzywe wzbogacania układają się również w zestaw linii prostych (tab. 6), co świadczy o tym, że można próbować wydzielać siarkę całkowitą z tego węgla metodami chemicznymi. Zawartości siarki całkowitej w tym węglu nie są wysokie (~0,4%).

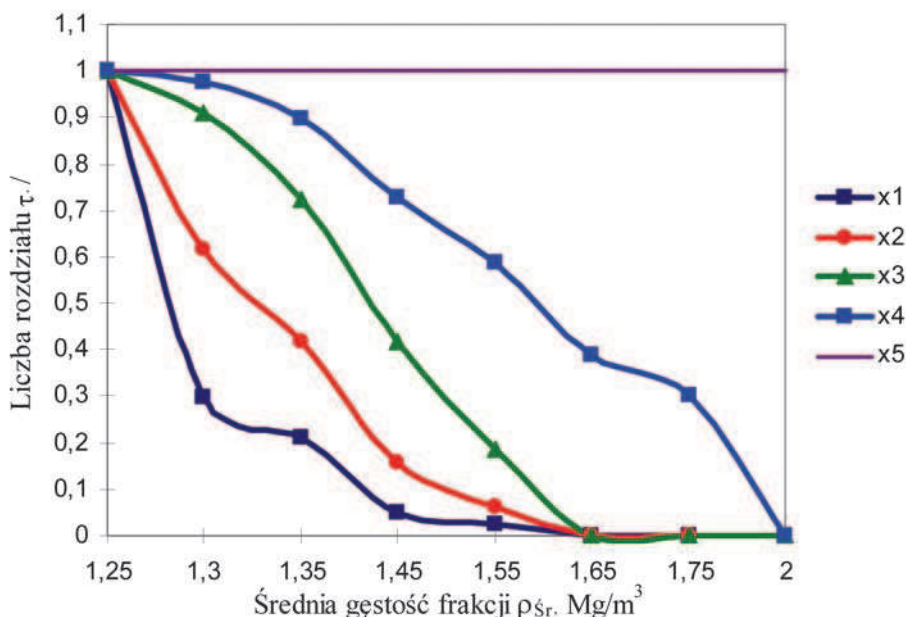
4.3. Ocena dokładności rozdziału

W oparciu o wyliczone współrzędne krzywych rozdziału dla węgla z KWK Janina wykreślono krzywe rozdziału. Otrzymane wyniki zestawiono w tabeli 7 i na rysunku 5.

Tabela 7. Liczby rozdziału (τ_1 , τ_2 , τ_3 , τ_4 , i τ_5 odpowiednio krzywe rozdziału dla I, II, III, IV i V – warstwy wydzielonej z osadzarce)

Table 7. Separation numbers (τ_1 , τ_2 , τ_3 , τ_4 , and τ_5), partition curves for, respectively, I, II, III, IV and V layer obtained by jiggling

Średnia gęstość frakcji, Mg/m^3	Liczby rozdziału				
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5
1,25	1	1	1	1	1
1,30	0,30	0,62	0,91	0,98	1
1,35	0,21	0,41	0,72	0,90	1
1,45	0,05	0,16	0,42	0,73	1
1,55	0,03	0,06	0,19	0,59	1
1,65	0,00	0,00	0,00	0,39	1
1,75	0,00	0,00	0,00	0,30	1



Rys. 5. Krzywe rozdziału dla koncentratu
Fig. 5. Partition curves for concentrate

Z krzywych rozdziału (rys. 5) odczytano gęstość rozdziału ρ_r . Gęstość rozdziału jest gęstością takich ziaren, które statystycznie w połowie trafiają do odpadów, a w połowie do koncentratu, czyli $\rho_r = \rho$ ($\tau = 50$). Innymi słowy prawdopodobieństwo przejścia do koncentratu lub odpadów ziarna o gęstości ρ_r wynosi 0,5 (lub 50%). Wartości gęstości rozdziału dla każdej krzywej zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Wartości ziaren podziałowych dla krzywych rozdziału
Table 8. Values of cut points for partition curves.

	Gęstość rozdziału ρ_r , Mg/m^3
X1	1,28
X2	1,33
X3	1,43
X4	1,6

Wartości gęstości rozdziału odczytane z krzywych rozdziału pozwalają oszacować przy jakiej gęstości należy prowadzić rozdział, aby uzyskać koncentrat o założonej jakości. Pierwsza krzywa rozdziału X1 zakłada rozdział materiału, kwalifikując do koncentratu pierwszą warstwę z osadzarki, odpad stanowią pozostałe cztery warstwy. Krzywa X2 zakłada rozdział, gdy do koncentratu zakwalifikujemy warstwę nr I i II. Krzywa X3 zakłada rozdział, gdy koncentrat stanowi materiał składający się z warstw I, II i III. Taki rozdział daje najlepsze efekty wzbogacania w osadzarce, które zostały omówione w rozdziale 4. Dla uzyskania takich efektów uszlachetniania paliwa do zgazowania należy prowadzić separację w osadzarce przy gęstości rozdziału równej 1,43, Mg/m^3 . Krzywa X4 przedstawia sytuację, gdy do koncentratu włączone zostaną warstwy I, II, III i IV, a warstwa V będzie stanowić odpad. Krzywa X5 jest linią poziomą dlatego, że do koncentratu zakwalifikowano wszystkie warstwy. Sytuacja taka nie ma sensu, podano ją dla pełnego omówienia problemu.

5. Podsumowanie

Wymagania stawiane węglom do procesu zgazowania zmuszają do produkcji sortymentów charakteryzujących się odpowiednimi parametrami jakościowymi. Spełnienie założonych kryteriów wymaga znajomości charakteru kopaliny (węgla surowego) kierowanego do procesu wzbogacania, tj. składu technicznego, pierwiastkowego, niekiedy mineralogicznego, a także analizy podatności danego węgla na wzbogacanie oraz dobór na drodze eksperymentalnej właściwego sposobu prowadzenia procesu wzbogacania przy założonych parametrach technicznych i ruchowych pracy urządzeń wzbogacających.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i wstępnych prób wzbogacania węgla kamiennych pochodzących z kopalń Janina i Wieczerek można stwierdzić, że stosunkowo łatwo się je wzbogaca. Zawartość popiołu w węglu z KWK Wieczerek po wzbogacaniu jest niższa w stosunku do zawartości popiołu w węglu z KWK Janina. Na drodze grawitacyjnej separacji można w dość łatwy sposób wydzielić koncentraty o wysokich parametrach jakościowych. Obniżone zawartości siarki i popiołu w koncentraty węglowych nie powinny powodować negatywnych skutków środowiskowych w aspekcie naziemnego zgazowania węgla.

Artykuł opracowano w wyniku realizacji projektu NCBiR nr 23.23.100.8498/R34 pt.: „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoelektrycznej produkcji paliw i energii” w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”.

Literatura

1. Blaschke W.: Przeróbka węgla kamiennego – wzbogacanie grawitacyjne, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2009.
2. Chmielniak T., Tomaszewicz G.: Zgazowanie paliw stałych-stan obecny i przewidywane kierunki rozwoju, „Karbo” 2012, nr 3.

3. Czysta energia, produkty chemiczne i paliwa z węgla – ocena potencjału rozwojowego, praca zbiorowa pod red. T. Borowieckiego, J. Kijeńskiego, J. Mochnikowskiego, M. Ściążko, IChPW, Zabrze 2008.
4. *Pomykała R., Mazurkiewicz M.*: Proces zgazowania węgla w świetle właściwości powstających odpadów. „Przeгляд Górnicy” 2011, nr 7-8.
5. *Stępiński W.*, Wzbogacanie grawitacyjne, Wydawnictwo PWN, Łódź-Warszawa-Kraków 1964.
6. *Surowiak A.*: Badania nad wzbogacaniem węgla kamiennych przeznaczonych do procesu zgazowania w gazogeneratorze ze złożem fluidalnym, „Przeгляд Górnicy” 2013, t. 69, nr 2.
7. *Surowiak A.*: Assessment of coal mineral matter liberation efficiency index, „Inżynieria Mineralna” 2013, R.14, nr 2.

***Zwiększajmy prenumeratę
najstarszego – czołowego miesięcznika
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa!***

Liczba zamawianych egzemplarzy określa zaangażowanie jednostki
gospodarczej w procesie podnoszenia kwalifikacji swoich kadr!